

PENERAPAN METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET (HTB) DAN PER CONNECTION QUEUEING (PCQ) DALAM MANAJEMEN BANDWIDTH PADA JARINGAN LAB FASILKOM UNSIKA

Enen Arienda Ramdayani ^{1*}, Arip Solehudin ², Didi Juardi³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361; Telp.(0267)641177 EX 316, Fax.(0267)641367 Karawang 41361

Keywords:

Bandwidth Management;
Hierarchical Token Bucket;
Per Connection Queueing;
Quality of Service;
Computer Network.

Correspondent Email:

xxxxxxxxxx@kampus.ac.id

Abstrak. Kebutuhan akan jaringan komputer yang stabil dan efisien di lingkungan pendidikan seperti Laboratorium Fakultas Ilmu Komputer (Fasilkom) Universitas Singaperbangsa Karawang (UNSIKA) menjadi sangat krusial. Kondisi jaringan tanpa manajemen bandwidth seringkali mengalami ketidakstabilan, ditandai dengan nilai jitter yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan menerapkan dan mengevaluasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queueing (PCQ) serta kombinasinya. Metodologi yang digunakan adalah Network Development Life Cycle (NDLC), yang mencakup tahapan analisis, desain, implementasi, dan monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi metode HTB efektif dalam memberikan prioritas layanan, sementara PCQ efisien untuk pemerataan bandwidth secara adil. Namun, kedua metode tersebut memiliki keterbatasan jika diterapkan secara terpisah. Berdasarkan analisis komparatif, kombinasi metode HTB dan PCQ terbukti paling optimal. Kombinasi ini berhasil mengalokasikan bandwidth prioritas kepada pengguna tertentu (Asisten Laboratorium) sekaligus memastikan distribusi bandwidth yang merata kepada seluruh mahasiswa. Performa jaringan secara keseluruhan menjadi lebih stabil dan efisien. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi metode HTB dan PCQ dapat menjadi solusi yang efektif untuk manajemen bandwidth di jaringan laboratorium.



Copyright © [JITET](http://jitet.unsika.ac.id) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. *The need for a stable computer network in educational environments, such as the UNSIKA Computer Science Laboratory, is essential. Without bandwidth management, the network often becomes unstable with high jitter values. This study applies the Hierarchical Token Bucket (HTB), Per Connection Queueing (PCQ), and their combination using the Network Development Life Cycle (NDLC) approach. The results show that HTB is effective for service prioritization, while PCQ ensures fair bandwidth distribution. However, both methods have limitations when applied separately. The combination of HTB and PCQ proved to be the most optimal, as it prioritizes bandwidth allocation for Laboratory Assistants while ensuring fair distribution for students. Overall, this combination improves network stability and efficiency, making it an effective solution for bandwidth management in educational laboratories.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi jaringan komputer berperan penting dalam mendukung aktivitas akademik, khususnya di lingkungan perguruan tinggi. Laboratorium Fakultas Ilmu Komputer Universitas Singaperbangsa Karawang (Fasilkom Unsika) menjadi pusat kegiatan praktikum dan penelitian mahasiswa yang sangat bergantung pada kualitas jaringan internet. Namun, dalam praktiknya jaringan di laboratorium sering mengalami ketidakstabilan, terutama pada aspek distribusi bandwidth yang tidak merata antar pengguna.

Kondisi tersebut berdampak pada terganggunya proses pembelajaran, terutama ketika banyak perangkat terhubung secara bersamaan. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa meskipun throughput, delay, dan packet loss masih tergolong baik menurut standar TIPHON, parameter jitter mengalami ketidakstabilan yang dapat mengganggu kenyamanan pengguna. Hal ini mengindikasikan perlunya pengelolaan bandwidth yang lebih optimal.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengusulkan penggunaan metode manajemen bandwidth, seperti Hierarchical Token Bucket (HTB) yang berfokus pada prioritas layanan[1], serta Per Connection Queueing (PCQ) yang menekankan pemerataan alokasi bandwidth[2]. Namun, penerapan metode tersebut secara terpisah masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengombinasikan metode HTB dan PCQ untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan kombinasi metode HTB dan PCQ pada jaringan laboratorium Fasilkom Unsika guna meningkatkan kualitas layanan (Quality of Service/QoS), serta membandingkan hasilnya dengan penerapan metode secara terpisah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Bandwidth

Manajemen Bandwidth adalah teknik pengaturan lalu lintas jaringan agar kapasitas yang tersedia dapat dimanfaatkan secara efisien dan merata[3]. Dengan adanya manajemen

bandwidth, pengguna dapat memperoleh kualitas layanan yang lebih stabil meskipun terjadi kepadatan trafik[4].

2.2. Hierarchical Token Bucket (HTB)

Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan salah satu metode antrian (queue) yang digunakan dalam pengaturan bandwidth[5]. HTB bekerja dengan cara membagi lalu lintas jaringan ke dalam kelas-kelas tertentu sehingga administrator dapat memberikan prioritas layanan bagi trafik yang dianggap penting[6][7].

2.3. Per Connection Queueing (PCQ)

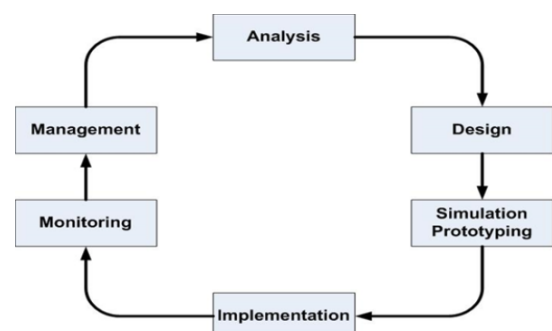
Per Connection Queueing (PCQ) adalah metode antrian yang memungkinkan pembagian bandwidth secara merata ke setiap koneksi atau pengguna. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya mendistribusikan bandwidth dengan adil sehingga tidak terjadi monopoli penggunaan jaringan[8].

2.4. Quality of Services (QoS)

Quality of Service (QoS) menjadi parameter penting dalam evaluasi kinerja jaringan, yang umumnya diukur melalui throughput, delay, jitter, dan packet loss. Standar TIPHON digunakan sebagai acuan dalam penilaian kualitas jaringan[9].

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah NDLC (Network Development Life Cycle) yang terdiri dari 6 tahapan utama, yaitu: Analisis, Desain, Simulasi, Implementasi, Monitoring, Manajemen[10].



Gambar 1 Metode NDLC

3.1. Analisis

Tahap ini dilakukan dengan wawancara (kepala lab dan asisten) untuk mengetahui kondisi jaringan, alokasi bandwidth, permasalahan, serta riwayat penerapan manajemen bandwidth, serta observasi langsung terhadap perangkat (router, switch, PC) dan aktivitas pengguna (streaming, konferensi video, download besar) yang memengaruhi trafik[11].

3.2. Desain

Rancangan jaringan meliputi topologi fisik (penempatan router, switch, dan PC sesuai kondisi lab), topologi logik (alur komunikasi, subnet, dan IP address), serta desain metode HTB (kelas bandwidth untuk dosen, WiFi Aslab, PC Lab, admin dengan hierarki parent-child queue) dan PCQ (pemerataan bandwidth per koneksi menggunakan classifier berdasarkan IP/koneksi aktif). Tools yang digunakan antara lain Cisco Packet Tracer, dan Winbox.

3.3. Simulasi

Simulasi menggunakan Cisco Packet Tracer untuk menguji rancangan topologi logik dan memastikan alur komunikasi berjalan baik. Meskipun HTB dan PCQ tidak didukung penuh, simulasi ini memvalidasi struktur jaringan dan memprediksi hambatan sebelum implementasi nyata[12].

3.4. Implementasi

Implementasi dilakukan pada jaringan laboratorium terbatas menggunakan Mikrotik dan Winbox, dengan router terhubung ke switch unmanaged dan 10 client. HTB diterapkan melalui parent-child queue untuk tiap kelas pengguna, sedangkan PCQ untuk distribusi merata antar koneksi. Pengujian dilakukan selama 1 jam dengan aktivitas browsing, streaming, dan video conference untuk mengevaluasi kinerja manajemen bandwidth[13].

3.5. Monitoring

Pada tahap ini, aturan dan kebijakan perlu Monitoring kualitas jaringan dilakukan dengan parameter QoS (throughput, delay, jitter, packet loss) menggunakan Wireshark. Data trafik sebelum dan sesudah penerapan HTB/PCQ dianalisis untuk mengukur efektivitas manajemen bandwidth secara kuantitatif[14].

3.6. Manajemen

Tahap ini berfokus pada pemeliharaan dan kebijakan jangka panjang. Dilakukan

monitoring berkala terhadap trafik, dokumentasi konfigurasi, pencatatan log, serta evaluasi efektivitas HTB dan PCQ agar jaringan tetap stabil dan adaptif terhadap peningkatan jumlah pengguna dan kebutuhan[15].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis

Tahap analisis dalam metode NDLC difokuskan pada identifikasi kebutuhan sistem manajemen bandwidth, mencakup spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta analisis jaringan yang disesuaikan dengan target perencanaan awal.

a. Observasi

1. Perangkat Keras

Penelitian ini menggunakan Mikrotik RB941-2nD hAP lite, Switch TL-SG1024D, laptop Dell Latitude 3410 (Intel i3, RAM 8 GB, SSD 256 GB), serta PC Axioo MyPC Pro (Intel i7, RAM 16 GB, SSD 477 GB, HDD 1.8 TB).

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan meliputi Windows 11 Pro (laptop dan PC), Winbox untuk konfigurasi, Cisco Packet Tracer untuk simulasi, serta Wireshark untuk pengukuran kualitas jaringan.

3. Analisis Jaringan

Topologi jaringan dirancang dengan tipe star (fisik) dan Ethernet (logis). Metode HTB diterapkan untuk pengaturan prioritas layanan, sedangkan PCQ untuk pemerataan distribusi bandwidth. Monitoring dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem, sehingga manajemen bandwidth dapat berjalan optimal dan berkelanjutan.

b. Wawancara

Wawancara dengan Kepala Laboratorium dan Sekretaris Asisten Laboratorium mengungkapkan bahwa sumber internet berasal dari server UNSIKA tanpa pembatasan bandwidth, dengan hasil speedtest 600–900 Mbps. Jaringan menggunakan topologi star, di mana router Mikrotik terhubung ke beberapa switch unmanaged untuk mendistribusikan koneksi ke banyak perangkat. Masalah utama adalah tingginya jitter, meskipun parameter delay, throughput, dan packet loss masih baik menurut standar TIPHON. Saat ini belum ada manajemen

bandwidth, sehingga distribusi antar pengguna tidak merata. Untuk menjaga perangkat operasional, penelitian dilakukan melalui jaringan simulatif yang merepresentasikan kondisi nyata laboratorium.

c. Pengujian QoS Sebelum Manajemen Bandwidth

Sebelum penerapan manajemen bandwidth, dilakukan pengujian QoS menggunakan Wireshark dengan parameter throughput, packet loss, delay, dan jitter. Pengujian dilaksanakan pada jam sibuk agar kondisi trafik mencerminkan situasi nyata.

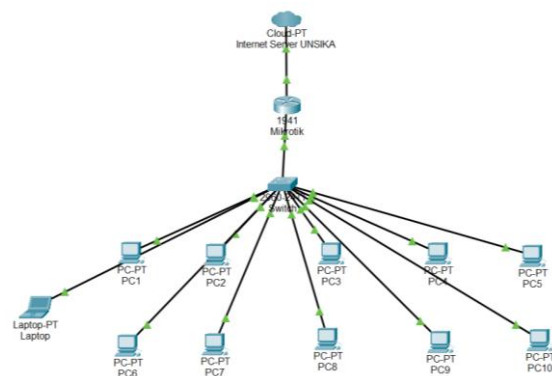
Hasil Throughput menunjukkan bahwa perangkat Aslab memperoleh rata-rata 399 Kb/s (indeks 1), sedangkan PC mahasiswa mencapai 1753 Kb/s (indeks 3). Hal ini menandakan distribusi bandwidth belum merata antar pengguna, sehingga diperlukan mekanisme manajemen bandwidth untuk mengoptimalkan alokasi jaringan.

Hasil Delay menunjukkan bahwa Laptop Aslab mencatat rata-rata delay 15.64 ms dengan indeks 4, sedangkan PC mahasiswa memperoleh rata-rata delay 4.80 ms dengan indeks 4. Nilai ini masih tergolong baik menurut standar TIPHON, namun perbedaan signifikan antar perangkat menunjukkan distribusi trafik belum merata.

Hasil Jitter menunjukkan perbedaan signifikan antar perangkat. Laptop Aslab mencatat rata-rata jitter 12.17 ms dengan indeks 3, sedangkan PC mahasiswa mencapai 116.59 ms dengan indeks 2. Nilai jitter yang tinggi pada mahasiswa mengindikasikan ketidakstabilan trafik, sehingga berpotensi menurunkan kenyamanan pengguna meskipun parameter QoS lainnya masih baik.

Hasil Packet Loss menunjukkan hasil 0% pada perangkat Aslab maupun PC mahasiswa. Dengan indeks 4, nilai ini sesuai standar TIPHON dan menandakan bahwa kualitas transmisi data tergolong baik tanpa adanya kehilangan paket.

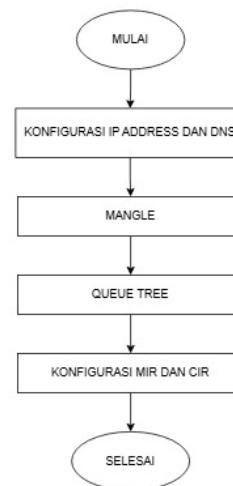
4.2. Desain



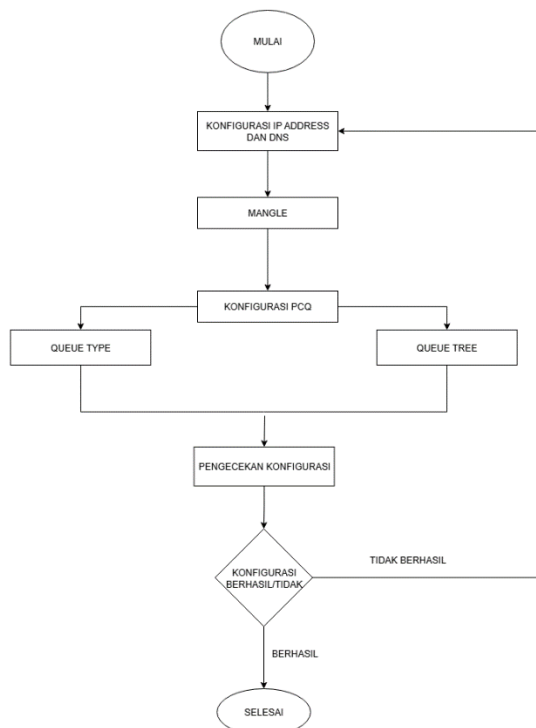
Gambar 2 Topologi Fisik Lab Fasikom UNSIKA

Tabel 1 Topologi Logic Lab Fasikom UNSIKA

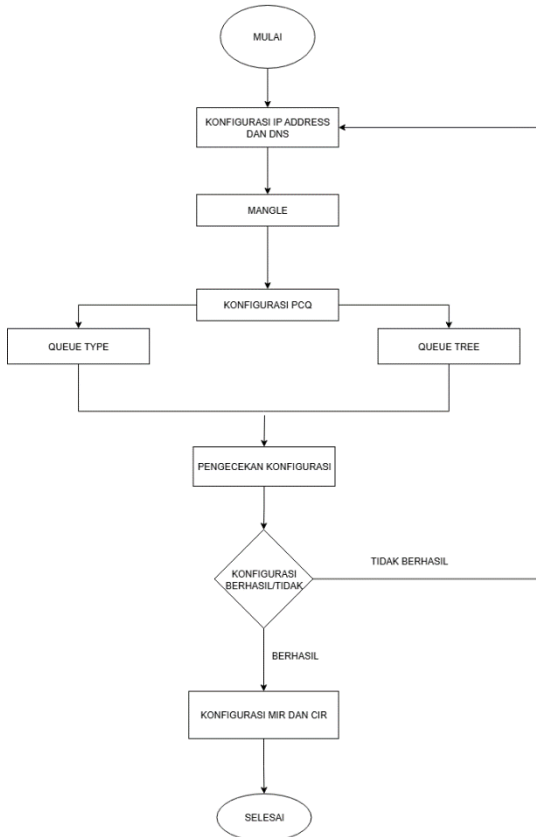
Perangkat	IP Address Range	Subnet Mask	Default Gateway
Mikrotik	11.12.2.2/24	255.255.255.0	-
PC1–PC10	11.12.2.238– 11.12.2.251	255.255.255.0	11.12.2.2
Laptop	11.12.2.245	255.255.255.0	11.12.2.2



Gambar 3 Tahapan HTB



Gambar 4 Tahapan PCQ



Gambar 5 Tahapan HTB dan PCQ

4.3. Simulasi

Simulasi topologi jaringan dilakukan menggunakan Cisco Packet Tracer, berdasarkan rancangan pada tahap desain. Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh perangkat dapat terkoneksi dengan baik tanpa kendala. Hasil simulasi seluruh perangkat berhasil saling terhubung, sehingga topologi jaringan yang dirancang dapat diterapkan dengan baik.

```

C:\>ping 11.12.2.243

Pinging 11.12.2.243 with 32 bytes of data:

Reply from 11.12.2.243: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 11.12.2.243: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 11.12.2.243: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 11.12.2.243:
    Packets: Sent = 3, Received = 3, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
  
```

Gambar 6 Hasil Koneksi Simulasi Jaringan

4.4. Implementasi

Implementasi manajemen bandwidth dilakukan menggunakan Mikrotik RouterOS melalui aplikasi Winbox dengan metode **Hierarchical Token Bucket (HTB)**, **Per Connection Queueing (PCQ)**, serta kombinasi keduanya.

- **HTB:** Konfigurasi dimulai dengan pemberian IP Address, dilanjutkan marking trafik menggunakan *Mangle* untuk memisahkan pengguna Asisten Laboratorium (Aslab) dan Mahasiswa. Queue Tree kemudian digunakan untuk membagi bandwidth dengan struktur hierarkis, yaitu total **50 Mbps (download)** dan **20 Mbps (upload)**. Aslab memperoleh alokasi lebih besar (min. 2 Mbps download dan 1 Mbps upload) dibanding Mahasiswa (min. 1 Mbps download dan 512 Kbps upload).
- **PCQ:** Pada metode ini, trafik ditandai melalui *Mangle* dan pembagian bandwidth dilakukan secara otomatis menggunakan *queue type* (pcq-download dan pcq-upload). Dengan PCQ, setiap client memperoleh bandwidth secara adil tanpa konfigurasi manual.
- **HTB + PCQ:** Kombinasi metode ini memanfaatkan keunggulan HTB untuk mengatur prioritas global, sementara PCQ memastikan distribusi bandwidth merata ke seluruh client aktif. Dalam implementasi, bandwidth total dibatasi **50 Mbps download** dan **20 Mbps upload**, dengan Aslab

mendapat alokasi lebih besar (10 Mbps download, 5 Mbps upload) dan Mahasiswa masing-masing 1 Mbps download serta 512 Kbps upload.

Dengan konfigurasi ini, sistem manajemen bandwidth mampu memberikan prioritas kepada Aslab sekaligus menjamin pemerataan bandwidth bagi Mahasiswa, sehingga jaringan lebih stabil dan efisien.

4.5. Monitoring

Monitoring dilakukan untuk mengevaluasi implementasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queueing (PCQ) pada jaringan simulasi laboratorium. Pengujian berfokus pada parameter Throughput, Delay, Jitter, dan Packet Loss sesuai standar TIPHON.

Tabel 2 Standar TIPHON Throughput

Indeks	Throughput	Kategori
4	>2,1 Mbps	Sangat Baik
3	1,2 - 2,1 Mbps	Baik
2	700 - 1200 Kbps	Cukup
1	338 - 700 Kbps	Kurang Baik
0	0 - 338 Kbps	Buruk

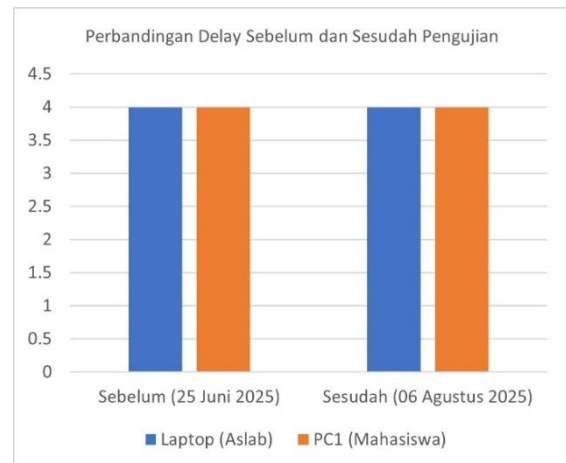


Gambar 7 Diagram Perbandingan Throughput

Tabel 3 Standar TIPHON Delay

Indeks	Delay (ms)	Kategori
4	<150 ms	Sangat Bagus

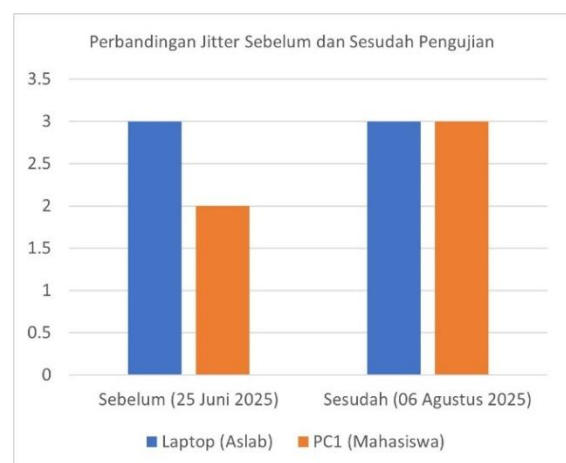
3	150 ms - 300 ms	Bagus
2	300 ms - 450 ms	Sedang
1	>450 ms	Buruk



Gambar 8 Diagram Perbandingan Delay

Tabel 4 Standar TIPHON Jitter

Indeks	Jitter (ms)	Kategori
4	0 ms	Sangat Bagus
3	0 ms - 75ms	Bagus
2	75 ms -125 ms	Sedang
1	125 ms - 225 ms	Buruk

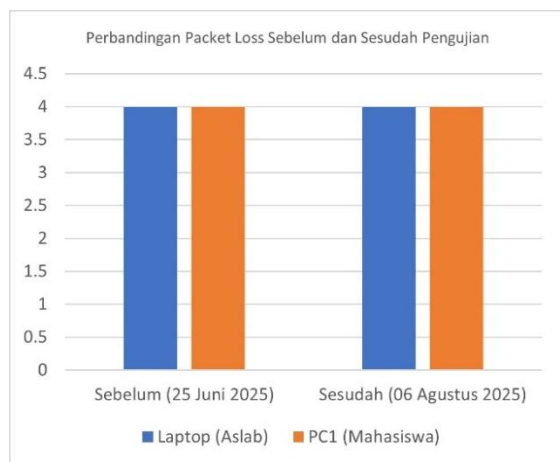


Gambar 9 Diagram Perbandingan Jitter

Tabel 5 Standar TIPHON Packet Loss

Indeks	Packet Loss (%)	Kategori
--------	-----------------	----------

4	0	Sangat Bagus
3	3%	Bagus
2	15%	Sedang
1	25%	Buruk



Gambar 10 Diagram Perbandingan Packet Loss

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebelum manajemen bandwidth diterapkan, rata-rata indeks TIPHON berada pada kategori Baik, namun parameter Jitter sering tidak stabil. Setelah penerapan metode, kombinasi HTB dan PCQ terbukti memberikan performa terbaik dibandingkan penggunaan metode secara terpisah. HTB mampu memastikan prioritas bandwidth untuk Asisten Laboratorium, sementara PCQ membagi bandwidth lebih merata kepada mahasiswa.

Secara keseluruhan, kombinasi kedua metode ini berhasil meningkatkan kestabilan jaringan, menurunkan nilai Jitter, serta menjaga nilai Delay dan Packet Loss tetap pada kategori Sangat Baik. Dengan demikian, manajemen bandwidth berbasis HTB dan PCQ dapat dianggap efektif untuk mengoptimalkan kualitas layanan di jaringan laboratorium.

4.6. Manajemen

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan mampu menjaga stabilitas dan manajemen bandwidth dengan baik, meskipun potensi error tetap ada saat trafik penuh atau terjadi gangguan dari ISP. Karena itu, pemeliharaan tidak hanya menitikberatkan pada kestabilan akses, tetapi juga keamanan fisik dan perangkat lunak agar layanan tetap optimal, andal, dan berkelanjutan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas layanan jaringan di Laboratorium Fasilkom Unsika sebelum manajemen bandwidth masih tergolong baik, meskipun terdapat ketidakstabilan pada parameter Jitter yang dapat mengganggu kenyamanan pengguna. Implementasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queueing (PCQ), khususnya dalam bentuk kombinasi, terbukti mampu meningkatkan performa jaringan dengan memberikan prioritas layanan sekaligus pemerataan bandwidth.

Sebagai tindak lanjut, disarankan agar metode ini diterapkan langsung pada jaringan laboratorium sesungguhnya untuk menguji validitas dan skalabilitasnya, melibatkan lebih banyak perangkat untuk mengukur efektivitas pada jaringan berskala besar, menggunakan variasi metode pengujian lain, serta mengeksplorasi integrasi manajemen bandwidth dengan fitur keamanan jaringan seperti firewall dan Intrusion Prevention System (IPS).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Singaperbangsa Karawang atas dukungan dan fasilitas yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Asy, S. Iriansyah, M. Rahman, and D. L. Pater, "Implementasi Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) Menggunakan Metode Network Development Life Cycle (NDLC)," vol. 5, no. 2, pp. 120–128, 2024.
- [2] M. S. Anwar, "Analisis QoS (Quality of Service) Manajemen Bandwidth menggunakan Metode Kombinasi Simple Queue dan PCQ (Per Connection Queue) pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara," *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 82–97, 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i2.24.
- [3] H. Vernando, I. Dwi Mumpuni, and D. W. Widarti, "Manajemen Bandwidth Jaringan menggunakan Queue Tree dengan Metode Peer Connection Queue (PCQ) Program Studi S1-Teknologi Informasi, STMIK PPKIA Pradnya Paramita 2 Program D3-Sistem Informasi, STMIK PPKIA Pradnya Paramita 1," vol. 2, pp. 24–38, 2024.

- [4] S. A. Sutarman, R. R. Saedudin, U. Yunan, and K. Septo, "Analisis Simulasi Bandwidth Dengan Menggunakan Metode Pcq (Per Connection Queuing) Untuk Meningkatkan Qos (Quality Of Service) Analysis Of Bandwidth Simulation Using Pcq (Per Connection Queuing) Method To Improve Qos (Quality Of Service)," vol. 8, no. 5, pp. 9062–9071, 2021.
- [5] A. Nurdianto and Deli, "Studi Komparasi Manajemen Bandwidth Antara Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ)," *Conf. Business, Soc. Sci. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 487–497, 2020.
- [6] Subhiyanto, "Implementasi Manajemen Bandwidth dengan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ) pada STMIK Antar Bangsa," *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 69–73, 2021, doi: 10.51998/jti.v7i2.436.
- [7] H. S. Simarmata and I. R. Widiyarsi, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket (HTB) (Studi Kasus: PT. Orion Cyber Internet)," *Technomedia J.*, vol. 8, no. 2SP, pp. 248–260, 2023, doi: 10.33050/tmj.v8i2sp.2078.
- [8] Y. Arafat, T. B. Atmojo, and P. Yugianus, "Optimalisasi Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Internet Politeknik Negeri Pontianak," *J. Elit*, vol. 4, no. 1, pp. 34–42, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.polnep.ac.id/index.php/ELIT/article/view/482>
- [9] A. Puspita Sari, "Manajemen Bandwidth Dengan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Pada Lembaga Amil Zakat Nurul Hayat Tangerang," *JIKA (Jurnal Inform.*, vol. 5, no. 2, p. 145, 2021, doi: 10.31000/jika.v5i2.4501.
- [10] R. Setiawan, "Analisis Kinerja Routing RIP dan EIGRP pada topologi ring dan mesh menggunakan simulator GNS 3," *Teknologipintar.org*, vol. 2, no. 5, pp. 1–11, 2022.
- [11] N. Y. Triswanti, "Analisis Perbandingan Metode Htb, Pcq Dan Queue Tree Pada Mikrotik Sebagai Upaya Optimalisasi Jaringan Komputer," *Teknologipintar.org*, vol. 2, no. 4, pp. 2022–2023, 2022.
- [12] T. Octavianto, "Pemanfaatan Hierarchical Token Bucket Dalam Konsep Jaringan Untuk Pengoptimalan Bandwidth," *J. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 43–46, 2021, doi: 10.32938/jitu.v1i2.1101.
- [13] T. O. Sidqi, I. Fitri, and N. D. Nathasia, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) Pada Jaringan Mikrotik," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 132–138, 2021, doi: 10.29100/jipi.v6i1.1927.
- [14] T. A. Mustofa, E. Sutanta, and J. Triyono, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Monitoring Jaringan Wi-Fi Menggunakan Mikhmon Online Di Wisma Muslim," *J. JARKOM*, vol. 7, no. 2, pp. 65–76, 2019.
- [15] Valia Yoga Pudya Ardhana and M. D. Mulyodiputro, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Universitas Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *J. Informatics Manag. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 70–76, 2023, doi: 10.47065/jimat.v3i2.257.